

#3/Priority
Hawkins
5-14-02
VIA HAND DELIVERY
PATENT
36856.610

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: Yoshihiro IKEDA and Kunio SAWAI

Serial No.: Currently unknown

Filing Date: Concurrently herewith

**For: PIEZOELECTRIC RESONATOR AND FM
DETECTION CIRCUIT INCORPORATING THE
SAME**

J1046 U.S. PTO
10/090150
03/05/02

TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENTS

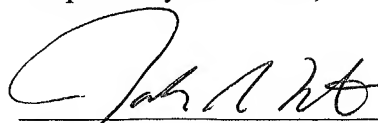
ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS
Washington, D.C. 20231

Dear Sir:

Enclosed herewith is a certified copy of each of Japanese Patent Application No. **2001-089064** filed **March 27, 2001**, from which priority is claimed under 35 U.S.C. 119 and Rule 55b. Acknowledgement of the priority document is respectfully requested to ensure that the subject information appears on the printed patent.

Respectfully submitted,

Date: March 5, 2002


Attorneys for Applicant(s)

Joseph R. Keating
Registration No. 37,368

Christopher A. Bennett
Registration No. 46,710

KEATING & BENNETT LLP
10400 Eaton Place, Suite 312
Fairfax, VA 22030
Telephone: (703) 385-5200
Facsimile: (703) 385-5080

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 3月27日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-089064

[ST.10/C]:

[JP 2001-089064]

出 願 人

Applicant(s):

株式会社村田製作所

2002年 1月18日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3116495

【書類名】 特許願

【整理番号】 10482

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H03H 9/17

【発明者】

【住所又は居所】 京都府長岡京市天神2丁目26番10号 株式会社村田製作所内

【氏名】 池田 吉宏

【発明者】

【住所又は居所】 京都府長岡京市天神2丁目26番10号 株式会社村田製作所内

【氏名】 沢井 久仁雄

【特許出願人】

【識別番号】 000006231

【氏名又は名称】 株式会社村田製作所

【代表者】 村田 泰隆

【代理人】

【識別番号】 100085497

【弁理士】

【氏名又は名称】 筒井 秀隆

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 036618

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9004890

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 圧電共振子およびこの圧電共振子を用いたFM検波回路

【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧電材料の容量の温度特性 ε_{TC} 、比帯域幅 $\Delta f / f_o$ 、共振周波数の温度特性 $F_{r_{TC}}$ 、反共振周波数の温度特性 $F_{a_{TC}}$ 、および中心周波数の温度特性の目標値 α の間に、次式が成立することを特徴とする圧電共振子。

$$| (F_{r_{TC}} + F_{a_{TC}}) / 2 + K \times \varepsilon_{TC} \times (\Delta f / f_o) | \leq \alpha \cdots (1)$$

ただし、 $K = F_r$ と F_a の中点におけるインピーダンスにより決まる係数

$\varepsilon_{TC} = A \times (\text{測定温度範囲内における容量変化幅}) / (\text{基準温度時の容量} \times \text{測定温度範囲})$

$\Delta f / f_o = (\text{基準温度時の } F_a - \text{基準温度時の } F_r) / (\text{基準温度時の } f_o)$

$F_{r_{TC}} = A \times (\text{測定温度範囲内における } F_r \text{ 変化幅}) / (\text{基準温度時の } F_r \times \text{測定温度範囲})$

$F_{a_{TC}} = A \times (\text{測定温度範囲内における } F_a \text{ 変化幅}) / (\text{基準温度時の } F_a \times \text{測定温度範囲})$

$A = \text{温度特性が正傾向のとき} + 1$ 、負傾向のとき -1 となる係数

【請求項2】 外装樹脂によって封止された圧電共振子であって、圧電材料の容量の温度特性 ε_{TC} 、比帯域幅 $\Delta f / f_o$ 、共振周波数の温度特性 $F_{r_{TC}}$ 、反共振周波数の温度特性 $F_{a_{TC}}$ 、外装樹脂の応力による中心周波数の温度特性 $Rf_{o_{TC}}$ 、および中心周波数の温度特性の目標値 α の間に、次式が成立することを特徴とする圧電共振子。

$$| (F_{r_{TC}} + F_{a_{TC}}) / 2 + K \times \varepsilon_{TC} \times (\Delta f / f_o) + Rf_{o_{TC}} | \leq \alpha \cdots (2)$$

ただし、 $K = F_r$ と F_a の中点におけるインピーダンスにより決まる係数

$\varepsilon_{TC} = A \times (\text{測定温度範囲内における容量変化幅}) / (\text{基準温度時の容量} \times \text{測定温度範囲})$

$\Delta f / f_o = (\text{基準温度時の } F_a - \text{基準温度時の } F_r) / (\text{基準温度時の } f_o)$

$F_{r_{TC}} = A \times (\text{測定温度範囲内における } F_r \text{ 変化幅}) / (\text{基準温度時の } F_r \times \text{測定温度範囲})$

$F a_{TC} = A \times (\text{測定温度範囲内における } F a \text{ 変化幅}) / (\text{基準温度時の } F a \times \text{測定温度範囲})$

A = 温度特性が正傾向のとき +1、負傾向のとき -1 となる係数

【請求項 3】 上記 $\alpha = 18 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ としたことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の圧電共振子。

【請求項 4】 上記 $K = 0.225$ としたことを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の圧電共振子。

【請求項 5】 3 辺に抵抗が接続され、残りの 1 辺に請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の圧電共振子が接続されたブリッジ回路よりなり、このブリッジ回路の対向する一方の接続点間に FM 中間周波信号が入力され、他方の接続点間から出力を取り出すように構成した FM 検波回路。

【請求項 6】 圧電材料の容量の温度特性を ε_{TC} 、比帯域幅を $\Delta f / f_0$ 、共振周波数の温度特性を $F r_{TC}$ 、反共振周波数の温度特性を $F a_{TC}$ としたとき、中心周波数の温度特性 f_{0TC} を次の近似式により求めたことを特徴とする圧電共振子の温度特性演算方法。

$$f_{0TC} = (F r_{TC} + F a_{TC}) / 2 + K \times \varepsilon_{TC} \times (\Delta f / f_0) \cdots (3)$$

ただし、 $K = F r$ と $F a$ の中点におけるインピーダンスにより決まる係数

$\varepsilon_{TC} = A \times (\text{測定温度範囲内における容量変化幅}) / (\text{基準温度時の容量} \times \text{測定温度範囲})$

$\Delta f / f_0 = (\text{基準温度時の } F a - \text{基準温度時の } F r) / (\text{基準温度時の } f_0)$

$F r_{TC} = A \times (\text{測定温度範囲内における } F r \text{ 変化幅}) / (\text{基準温度時の } F r \times \text{測定温度範囲})$

$F a_{TC} = A \times (\text{測定温度範囲内における } F a \text{ 変化幅}) / (\text{基準温度時の } F a \times \text{測定温度範囲})$

A = 温度特性が正傾向のとき +1、負傾向のとき -1 となる係数

【請求項 7】 外装樹脂によって封止された圧電共振子であって、圧電材料の容量の温度特性を ε_{TC} 、比帯域幅を $\Delta f / f_0$ 、共振周波数の温度特性を $F r_{TC}$ 、反共振周波数の温度特性を $F a_{TC}$ 、外装樹脂の応力による中心周波数の温度特性を $R f_{0TC}$ としたとき、中心周波数の温度特性 f_{0TC} を次の近似式により求めたこ

とを特徴とする圧電共振子の温度特性演算方法。

$$f_{o_{TC}} = (F_{r_{TC}} + F_{a_{TC}}) / 2 + K \times \varepsilon_{TC} \times (\Delta f / f_o) + R f_{o_{TC}} \quad \dots (4)$$

ただし、 $K = F_r$ と F_a の中点におけるインピーダンスにより決まる係数

$\varepsilon_{TC} = A \times (\text{測定温度範囲内における容量変化幅}) / (\text{基準温度時の容量} \times \text{測定温度範囲})$

$\Delta f / f_o = (\text{基準温度時の } F_a - \text{基準温度時の } F_r) / (\text{基準温度時の } f_o)$

$F_{r_{TC}} = A \times (\text{測定温度範囲内における } F_r \text{ 変化幅}) / (\text{基準温度時の } F_r \times \text{測定温度範囲})$

$F_{a_{TC}} = A \times (\text{測定温度範囲内における } F_a \text{ 変化幅}) / (\text{基準温度時の } F_a \times \text{測定温度範囲})$

$A =$ 温度特性が正傾向のとき $+1$ 、負傾向のとき -1 となる係数

【請求項 8】上記 $K = 0.225$ としたことを特徴とする請求項 6 または 7 に記載の圧電共振子の温度特性演算方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は圧電共振子およびこの圧電共振子を用いた FM 検波回路に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、FM 波の周波数変化を電圧変化として検出する FM 検波回路の移送器にディスクリミネータが用いられている。このディスクリミネータ用の圧電材料としては、一般的に、広い復調出力帯域幅を得るために、低い Q 、広帯域 $\Delta F (= F_a - F_r)$ の材料が用いられている。しかし、これまで圧電材料の各種温度特性の関係が適当でなく、完成品の温度特性 ($f_{o_{TC}}$) が比較的大きかった。このため、セット機器での動作保証温度範囲が FM 用セラミックフィルタよりも狭く、使用可能なセット機器も限定されていた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

従来の場合、完成品のディスクリミネータの温度特性 (f_o_{TC}) は $25 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 程度であり、 $f_o = 10.7 \text{ MHz}$ のディスクリミネータであれば、 100°C の温度範囲で約 28 kHz 、 150°C の温度範囲で約 40 kHz の周波数変化に相当する。また、従来品では 20°C よりも高温の領域で周波数変化が大きくなる傾向にあったため、一般的に使われる f_o_{TC} の規格、すなわち f_o の変化量 $\pm 30 \text{ kHz}$ を満足するために、動作保証温度の上限を 60°C とする場合が多かった。

【0004】

このような問題に対処するため、特開昭63-283215号公報には、ディスクリミネータ（圧電共振子）にコンデンサを直列接続するとともに、ディスクリミネータの容量の温度係数とコンデンサの容量の温度係数とを所定の関係に設定することで、ディスクリミネータの温度変化による周波数－インピーダンス特性の変化をコンデンサの温度特性によって打ち消し、周波数ずれを回避するようにしたものが提案されている。

【0005】

また、実用新案登録第2501521号公報には、3辺に抵抗が接続され、残りの1辺にディスクリミネータ（圧電共振子）が接続されたブリッジ回路において、いずれか1辺の抵抗と並列に、ディスクリミネータと同等な温度特性を持つコンデンサを接続したものが知られている。

【0006】

しかしながら、いずれの場合も、ディスクリミネータの他にコンデンサを用いる必要があり、コンデンサ自身の温度特性を制御しなければならないので、不確定要素が多く、所望の温度特性を持つFM検波回路を得るのが難しかった。

【0007】

そこで、本発明の目的は、コンデンサを用いることなく、圧電材料の種々の温度特性を最適化することで、完成品の温度特性を安定なものとし、動作保証温度範囲を広げることができる圧電共振子およびこの圧電共振子を用いたFM検波回路を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、請求項1に係る発明は、圧電材料の容量の温度特性 ε_{TC} 、比帯域幅 $\Delta f / f_o$ 、共振周波数の温度特性 F_{rTC} 、反共振周波数の温度特性 F_{aTC} 、および中心周波数の温度特性の目標値 α の間に、次式が成立することを特徴とする圧電共振子を提供する。

$$| (F_{rTC} + F_{aTC}) / 2 + K \times \varepsilon_{TC} \times (\Delta f / f_o) | \leq \alpha \cdots (1)$$

ただし、 $K = F_r$ と F_a の中点におけるインピーダンスにより決まる係数

$\varepsilon_{TC} = A \times (\text{測定温度範囲内における容量変化幅}) / (\text{基準温度時の容量} \times \text{測定温度範囲})$

$\Delta f / f_o = (\text{基準温度時の } F_a - \text{基準温度時の } F_r) / (\text{基準温度時の } f_o)$

$F_{rTC} = A \times (\text{測定温度範囲内における } F_r \text{ 変化幅}) / (\text{基準温度時の } F_r \times \text{測定温度範囲})$

$F_{aTC} = A \times (\text{測定温度範囲内における } F_a \text{ 変化幅}) / (\text{基準温度時の } F_a \times \text{測定温度範囲})$

$A = \text{温度特性が正傾向のとき} + 1$ 、負傾向のとき -1 となる係数

【0009】

請求項6に係る発明は、圧電材料の容量の温度特性を ε_{TC} 、比帯域幅を $\Delta f / f_o$ 、共振周波数の温度特性を F_{rTC} 、反共振周波数の温度特性を F_{aTC} としたとき、中心周波数の温度特性 f_{oTC} を次の近似式により求めたことを特徴とする圧電共振子の温度特性演算方法を提供する。

$$f_{oTC} = (F_{rTC} + F_{aTC}) / 2 + K \times \varepsilon_{TC} \times (\Delta f / f_o) \cdots (3)$$

ただし、 $K = F_r$ と F_a の中点におけるインピーダンスにより決まる係数

$\varepsilon_{TC} = A \times (\text{測定温度範囲内における容量変化幅}) / (\text{基準温度時の容量} \times \text{測定温度範囲})$

$\Delta f / f_o = (\text{基準温度時の } F_a - \text{基準温度時の } F_r) / (\text{基準温度時の } f_o)$

$F_{rTC} = A \times (\text{測定温度範囲内における } F_r \text{ 変化幅}) / (\text{基準温度時の } F_r \times \text{測定温度範囲})$

$F_{aTC} = A \times (\text{測定温度範囲内における } F_a \text{ 変化幅}) / (\text{基準温度時の } F_a \times \text{測定温度範囲})$

定温度範囲)

A=温度特性が正傾向のとき+1、負傾向のとき-1となる係数

【0010】

ここで、本発明に至った経緯を以下に説明する。

一般に、圧電セラミックスにおいては、端子間容量の温度特性 ϵ_{TC} は正の傾向を持ち、温度が上昇すると容量が大きくなる。つまり、温度上昇すると、図1に破線で示すように、容量の温度特性のために圧電共振子のインピーダンスが低下し、中心周波数 f_o が高周波側(f_o' で示す)へずれる。なお、ここではインピーダンス値が $1k\Omega$ と一致するところを f_o とした。一方、共振周波数の温度特性 F_{rTC} や反共振周波数の温度特性 F_{aTC} は負の傾向を有するので、温度が上昇すると、図1に二点鎖線で示すように周波数 F_r 、 F_a は低下し、中心周波数 f_o が低周波側(f_o'' で示す)へずれる。このずれを互いにキャンセルさせれば、温度変化に伴う中心周波数 f_o の変化量が少なくなり、その温度特性 f_{oTC} を改善することが可能となる。

【0011】

そこで、本発明者は、種々の圧電材料について、その容量の温度特性 ϵ_{TC} 、比帯域幅 $\Delta f / f_o$ 、共振周波数の温度特性 F_{rTC} 、反共振周波数の温度特性 F_{aTC} 、中心周波数の温度特性 f_{oTC} を測定したところ、そこに一定の相関関係があることを発見した。

すなわち、中心周波数の温度特性 f_{oTC} と共振周波数の温度特性 F_{rTC} および反共振周波数の温度特性 F_{aTC} の平均値との差と、容量の温度特性 ϵ_{TC} と比帯域幅 $\Delta f / f_o$ との積との間に、比例関係が存在することを発見した。つまり、中心周波数の温度特性 f_{oTC} を、共振周波数の温度特性 F_{rTC} 、反共振周波数の温度特性 F_{aTC} 、容量の温度特性 ϵ_{TC} および比帯域幅 $\Delta f / f_o$ から近似的に求めることが可能である。

したがって、中心周波数の温度特性の目標値を α としたとき、上記比例関係に応じて容量の温度特性 ϵ_{TC} 、比帯域幅 $\Delta f / f_o$ 、共振周波数の温度特性 F_{rTC} 、反共振周波数の温度特性 F_{aTC} を決定すれば、完成品の温度特性 f_{oTC} を目標値以内に収めることが可能となる。

【0012】

表1は、A～Eの5種類のPZT系の圧電材料を使用した厚みすべり振動モードの圧電共振子について、その温度特性および比帯域幅を求めたものである。なお、ここではインピーダンス値が1 k Ω と一致するところを f_o とする圧電共振子($f_o = 10.7\text{MHz}$)とした。

【表1】

材料特性	圧電材料	A	B	C	D	E
f_{oTC} (ppm/ $^{\circ}\text{C}$)		-27	-5.3	11	16	20
F_{rTC} (ppm/ $^{\circ}\text{C}$)		-116	-93.1	-38	-56	-54
F_{aTC} (ppm/ $^{\circ}\text{C}$)		-79	-23.4	-5	-11	-6
ε_{TC} (ppm/ $^{\circ}\text{C}$)		3660	2431	2040	2380	2210
$\Delta f / f_o$		0.087	0.097	0.064	0.093	0.101

なお、表1において、Aは既存のディスクリミネータ用圧電材料を用いた圧電共振子であり、B～Eは今回実験のために新たに作成した圧電共振子である。

【0013】

表2は、表1における温度特性および比帯域幅を用いて、A～Eの各試料について、容量の温度特性 ε_{TC} と比帯域幅との積、および中心周波数の温度特性 f_{oTC} と共振周波数の温度特性 F_{rTC} および反共振周波数の温度特性 F_{aTC} の平均値との差を求めたものである。

【表2】

	A	B	C	D	E
$\varepsilon_{TC} \times \Delta f / f_o$	318.42	235.807	130.56	221.34	223.21
$f_{oTC} - 1/2(F_{rTC} + F_{aTC})$	70.5	52.95	32.5	49.5	50

【0014】

図2は表2における容量の温度特性 ε_{TC} と比帯域幅 $\Delta f / f_o$ との積を横軸にとり、中心周波数の温度特性 f_{oTC} と共振周波数の温度特性 F_{rTC} および反共振周波数の温度特性 F_{aTC} の平均値との差を縦軸にとり、A～Eの各試料についてプロットしたものである。

図2から明らかなように、全ての試料の値は1本の直線 $y = 0.225x$ にのっていることが分かる。つまり、中心周波数の温度特性 f_{oTC} は、

$$f_{oTC} = (F_{rTC} + F_{aTC}) / 2 + 0.225 \times \varepsilon_{TC} \times (\Delta f / f_o)$$

で近似できる。

ここで、中心周波数の温度特性 f_{oTC} の目標値を α とすれば、

$$| (F_{rTC} + F_{aTC}) / 2 + 0.225 \times \varepsilon_{TC} \times (\Delta f / f_o) | \leq \alpha$$

の式を満足するように容量の温度特性 ε_{TC} 、比帯域幅 $\Delta f / f_o$ 、共振周波数の温度特性 F_{rTC} および反共振周波数の温度特性 F_{aTC} を決定すれば、温度特性の安定した圧電共振子を得ることができる。

上記計算式を一般化したものが(3)式および(1)式である。

【0015】

上記の場合には、インピーダンス値が $1\text{ k}\Omega$ と一致するところを f_o とする圧電共振子を用いたので、係数 $K = 0.225$ としたが、これとは異なるインピーダンス値を f_o とする圧電共振子の場合には、係数 K の値は異なる。

ブリッジバランス回路を用いたFM検波回路の場合、検波用ICの内部にある R_1 、 R_2 、 R_3 の抵抗値により f_o とするインピーダンス値が決定される。逆に言えば、ICによって f_o とするインピーダンス値が異なる。ただ、FM検波用ICの多くは、ほぼ $1\text{ k}\Omega$ 付近 ($200 \sim 300\text{ }\Omega$ 程度のバラツキあり) で R が設定されているので、 $Z = 1\text{ k}\Omega$ となる周波数を安定させれば、殆どのICで温度特性が良好になる。

【0016】

表3は上記計算式により求めた f_{oTC} と、実測した f_{oTC} とを比較したものである。

表3から明らかなように、計算値と実測値とはよく近似しており、本発明による計算式(1)式および(3)式が高い精度を持つことがわかる。また、既存の材料を用いた圧電共振子Aに比べて、新たに作成した材料を用いた圧電共振子B～Eは良好な温度特性を持ち、特にB～Dが好ましい特性を有する。

【表3】

	A	B	C	D	E
f_{oTC} (計算値)	-26	-5	8	16	20
f_{oTC} (実測値)	-27	-5	11	16	20

【0017】

圧電共振子を外装樹脂で封止した場合、圧電共振子そのものの温度特性の他に、外装樹脂の温度特性の影響を受ける。そこで、請求項2および7では、請求項1および6における要件に加え、外装樹脂の応力による中心周波数の温度特性 f_o f_{TC} を加算することで、中心周波数の温度特性 f_o f_{TC} を求めるようにしたものである。

【0018】

目標とする中心周波数の温度特性 α としては、請求項3のように、18 ppm/°C とするのが望ましい。

すなわち、完成品の圧電共振子の f_o f_{TC} を ± 18 ppm/°C 以内とすれば、 $f_o = 10.7$ MHz の場合、150°C の温度範囲で約 ± 29 kHz の周波数変化に相当することから、これを満足すれば、例えば -40°C ~ 105°C の動作保証も可能になる。つまり、従来の動作保証温度の上限が60°Cであるのに対し、本発明では105°Cまで上げることができる。

【0019】

請求項4のように、 F_r と F_a の中点におけるインピーダンスにより決まる係数 K を0.225としてもよい。

インピーダンス値が1 k Ω と一致するところを f_o とする圧電共振子の場合、係数 $K = 0.225$ にすることで、中心周波数の温度特性 f_o f_{TC} と共振周波数の温度特性 F_r f_{TC} および反共振周波数の温度特性 F_a f_{TC} の平均値との差と、容量の温度特性 ϵ f_{TC} と比帯域幅との積とがほぼ完全に比例関係となり、中心周波数の温度特性 f_o f_{TC} を正確に求めることができる。

【0020】

請求項5のように、3辺に抵抗が接続され、残りの1辺に圧電共振子が接続されたブリッジ回路よりなり、このブリッジ回路の対向する一方の接続点間にFM中間周波信号が入力され、他方の接続点間から出力を取り出すように構成したFM検波回路において、その圧電共振子として請求項1ないし4のいずれかに記載の圧電共振子を用いるのが望ましい。

すなわち、請求項1ないし4の圧電共振子をFM検波用ディスクリミネータに用

いれば、中心周波数 f_0 の温度特性が安定し、動作保証温度範囲が広い FM 検波回路を得ることができる。

【0021】

【発明の実施の形態】

図3は本発明にかかる圧電共振子をチップ型ディスクリミネータDとして構成した一例を示す。

このディスクリミネータDは、絶縁性の基板1、基板1の上に枠状に形成されたガラスペーストなどからなる絶縁層5、基板1上に形成された電極2、3上に導電ペースト4を介して接続固定された圧電素子6、圧電素子6の上面および両側面に塗布されたシリコンゴムなどからなるダンピング材7、8、基板1の絶縁層5の上に接着剤（図示せず）を介して接着固定され、圧電素子6を封止する金属キャップ9などで構成されている。

【0022】

上記圧電素子6はエネルギー閉じ込め型厚みすべり振動モードの素子であり、短冊形の圧電基板6aを有する。圧電基板6aの表裏主面には、中央部で対向するように電極6b、6cが形成され、これら電極6b、6cは圧電基板6aの異なる端部の端面を介して反対側の主面まで引き出されている。ここでは、圧電基板6aの材料としてPZTを使用した。

【0023】

図4の(a)はFM検波回路に用いられる移相回路の一例であり、3辺に抵抗 R_1 、 R_2 、 R_3 が接続され、残りの1辺に上記ディスクリミネータDが接続されたブリッジバランス回路よりなる。 R_1 、 R_2 、 R_3 の抵抗値はそれぞれ1k Ω に設定され、ディスクリミネータDは、そのインピーダンスが1k Ω となるところを f_0 としている。この実施例では、 f_0 を10.7MHzとした。

図4の(b)は出力電圧 E_o の位相変化を示す。図から明らかなように、 f_0 において出力電圧 E_o が入力電圧 E_i よりも位相が90°遅れて取り出されるよう設計されている。

【0024】

上記圧電素子6を構成するPZTの材料特性を次に示す。

共振周波数の温度特性 $F_{r_{TC}} = -90 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$

反共振周波数の温度特性 $F_{a_{TC}} = -25 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$

容量の温度特性 $\varepsilon_{TC} = +2430 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$

比帯域幅 $\Delta f / f_o = 10\%$

ただし、 $F_{r_{TC}}$ 、 $F_{a_{TC}}$ 、 ε_{TC} および $\Delta f / f_o$ は以下の計算式で、測定温度範囲を $-20^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ とし、基準温度を $+20^{\circ}\text{C}$ として測定した。

$F_{r_{TC}} = A \times (\text{測定温度範囲内における } F_r \text{ 変化幅}) / (\text{基準温度時の } F_r \times \text{測定温度範囲})$

$F_{a_{TC}} = A \times (\text{測定温度範囲内における } F_a \text{ 変化幅}) / (\text{基準温度時の } F_a \times \text{測定温度範囲})$

$\varepsilon_{TC} = A \times (\text{測定温度範囲内における容量変化幅}) / (\text{基準温度時の容量} \times \text{測定温度範囲})$

$\Delta f / f_o = (\text{基準温度時の } F_a - \text{基準温度時の } F_r) / (\text{基準温度時の } f_o)$

$A = \text{温度特性が正傾向のとき} +1$ 、 $\text{負傾向のとき} -1$ となる係数

【0025】

上記材料特性の値を(3)式に代入し、中心周波数の温度係数 $f_{o_{TC}}$ を求めると次のようになる。

$$\begin{aligned} f_{o_{TC}} &= (F_{r_{TC}} + F_{a_{TC}}) / 2 + K \times \varepsilon_{TC} \times (\Delta f / f_o) \\ &= (-90 - 25) / 2 + K \times 2430 \times 0.1 \end{aligned}$$

となる。

インピーダンス値が $1 \text{ k}\Omega$ と一致するところを f_o とする圧電共振子の場合、 $K = 0.225$ であるから、 $f_{o_{TC}} = -2.83 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ となる。

いま、中心周波数の温度係数の目標値 $\alpha = 18 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ とした場合、 $|f_{o_{TC}}| = 2.83 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ は目標値 α よりかなり小さく、(1)式を満足している。

完成品である図3のFM検波用チップ型ディスクリミネータについて、その温度特性 $f_{o_{TC}}$ を実際に測定したところ、約 $-3 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ となっており、温度特性が非常に良好なものとなっている。

【0026】

図5は図3に示した本発明品の -30°C 、 20°C 、 85°C におけるインピーダン

ス特性図および位相特性図である。

また、図6は従来品の -30°C 、 20°C 、 85°C におけるインピーダンス特性図および位相特性図である。従来品とは、例えば実開昭61-136630号公報に開示されたような公知の積層接着構造のチップ型圧電共振子であり、ここでは圧電素子の振動モードとして厚み縦振動モードを用いた。

図6に示すように、従来品では温度変化により、インピーダンス $Z=1\text{ k}\Omega$ となる周波数が変化していることがわかる。これが f_{TC} を大きくしている要因である。これに対し、本発明品では、図5に示すように温度変化によっても $Z=1\text{ k}\Omega$ となる周波数は殆ど変化していない。

【0027】

図7の(a)は図5に示す本発明品の温度特性 f_{TC} を示し、(b)は図6に示す従来品の温度特性 f_{TC} を示す。

図7から明らかなように、従来品では温度上昇に伴って f_{TC} が大きく変化していることがわかる。これに対し、本発明品では温度が 105°C まで上昇しても f_{TC} が殆ど変化しておらず、温度特性が非常に良好である。

【0028】

図8は本発明にかかる圧電共振子の第2実施例を示す。

この圧電共振子は、樹脂封止形のリード付き圧電共振子であり、第1実施例と同じくFM検波用ディスクリミネータとして用いられる。

圧電共振子は、 $f_0=10.7\text{ MHz}$ の短冊形の厚みすべり振動モードの圧電素子10を備えている。圧電素子10の表裏面中央部には振動電極10a、10bが形成され、両端部には端子電極10c、10dが形成され、これら端子電極10c、10dにリード端子11、12が半田付け13されている。なお、一方のリード端子11は圧電素子10の裏面側から表面側へ折り返されている。圧電素子10の振動電極10a、10bの周囲はシリコンゴムよりなる弾性材14で覆われており、圧電素子10の周囲全体がエポキシ樹脂よりなる外装樹脂15で覆われている。さらに、その周囲が、透明なエポキシ樹脂よりなる表皮樹脂16で覆われている。

【0029】

上記圧電素子10を構成するPZTの材料特性を次に示す。

共振周波数の温度特性 $F_{r_{TC}} = -90 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$

反共振周波数の温度特性 $F_{a_{TC}} = -25 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$

容量の温度特性 $\varepsilon_{TC} = +2430 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$

比帯域幅 $\Delta f / f_o = 10\%$

また、実験により、外装樹脂14, 15, 16の締付応力による $R_{f_o_{TC}}$ を求めたところ、 $+15 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ 程度であった。

なお、 $F_{r_{TC}}$, $F_{a_{TC}}$, ε_{TC} および $\Delta f / f_o$ の計算方法は、第1実施例と同様である。

【0030】

ここで、上記材料特性の値を(2)式にあてはめ、中心周波数の温度係数 f_o_{TC} を求めた。但し、係数 $K = 0.225$ とした。

$$\begin{aligned} f_o_{TC} &= (F_{r_{TC}} + F_{a_{TC}}) / 2 + 0.225 \times \varepsilon_{TC} \times (\Delta f / f_o) + R_{f_o_{TC}} \\ &= (-90 - 25) / 2 + 0.225 \times 2430 \times 0.1 + 15 \\ &= 12.17 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

中心周波数の温度係数の目標値 $\alpha = 18 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ とすると、 $|f_o_{TC}| = 12.17 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ は目標値 α より十分に小さい。

図8のFM検波用チップ型ディスクリミネータについて、その温度特性 f_o_{TC} を実際に測定したところ、完成品の f_o_{TC} は約 $+12 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ となっており、上記計算式と非常によく一致している。

そして、上記材料を用いてディスクリミネータを製作すれば、極めて温度特性のよいディスクリミネータを得ることができる。

【0031】

上記実施例では、本発明にかかる圧電共振子をFM検波用ディスクリミネータに適用した例について説明したが、これに限らず、 F_r と F_a との中点を利用した圧電共振子、例えば F_r と F_a との中点を発振ポイントとする発振子にも同様に適用できる。

また、本発明の圧電共振子の封止構造は、図3のようなキャップ封止構造や、図8のような樹脂封止構造に限らず、従来品と同様な積層接着構造であってもよい。

。この場合には、外装樹脂を使用していないので、(3)式を用いて f_{0TC} を計算できる。

さらに、本発明の圧電共振子の振動モードは厚みすべり振動モードに限らず、厚み縦振動モードであってもよい。

【0032】

【発明の効果】

以上の説明で明らかなように、請求項1に係る発明によれば、容量の温度特性と共振周波数および反共振周波数の温度特性とを相殺するよう、圧電材料を選定したので、温度変化に伴う中心周波数 f_0 の変化量を少なくでき、その温度特性 f_{0TC} を小さくすることができる。そのため、この圧電共振子を用いれば、動作保証温度範囲を広げることができ、セット機器での動作保証温度範囲を広げることができる。

また、温度特性を改善するためのコンデンサなどを別に接続する必要がないので、構造が簡単であり、所望の温度特性に制御しやすい。

【0033】

また、請求項2に係る発明では、請求項1に加えて、外装樹脂の温度特性による影響を解消あるいは低減できるようにしたので、樹脂封止型の圧電共振子であっても、その温度特性を安定させることができる。

【0034】

請求項6または7における式(3)，(4)を用いて圧電共振子の温度特性 f_{0TC} を演算する方法を用いれば、圧電材料の容量の温度特性、比帯域幅、共振周波数の温度特性、反共振周波数の温度特性がわかれば、圧電共振子の温度特性 f_{0TC} を簡単に求めることができるので、回路の設計が容易になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の原理を説明するための周波数－インピーダンス特性図である。

【図2】

本発明に係る計算式を求めるための特性図である。

【図3】

本発明に係る圧電共振子の第1実施例の分解斜視図である。

【図4】

ブリッジ回路を構成した移相器の回路図およびその位相特性図である。

【図5】

図3に示す圧電共振子のインピーダンス特性図および位相特性図である。

【図6】

従来例の圧電共振子のインピーダンス特性図および位相特性図である。

【図7】

本発明品の温度特性図および従来品の温度特性図である。

【図8】

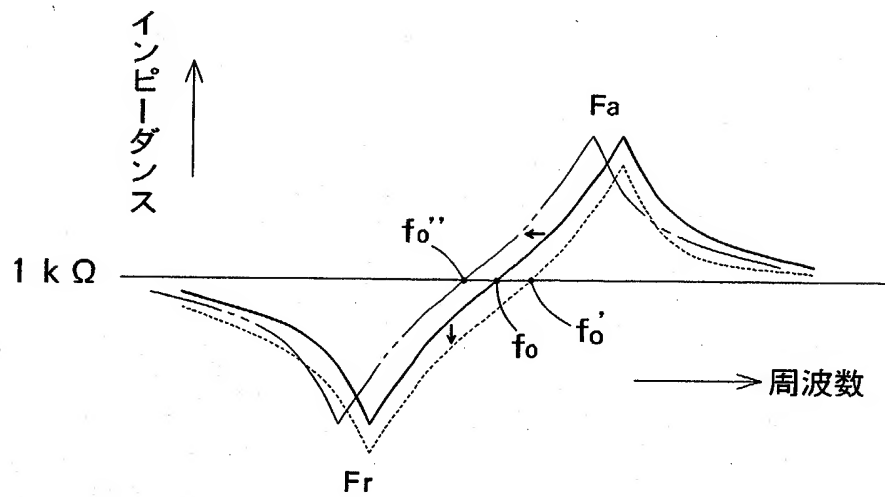
本発明に係る圧電共振子の第2実施例の正面断面図および側面断面図である。

【符号の説明】

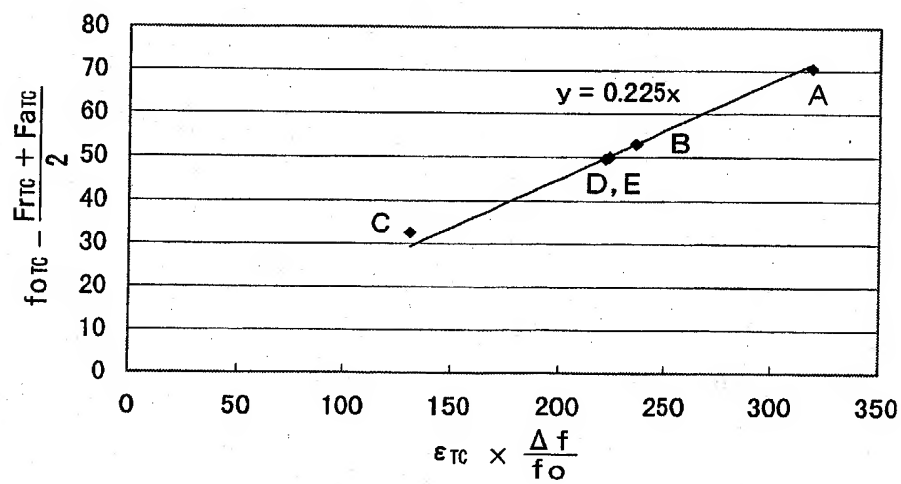
D	圧電共振子（ディスクリミネータ）
1	基板
6	圧電素子
9	キャップ

【書類名】 図面

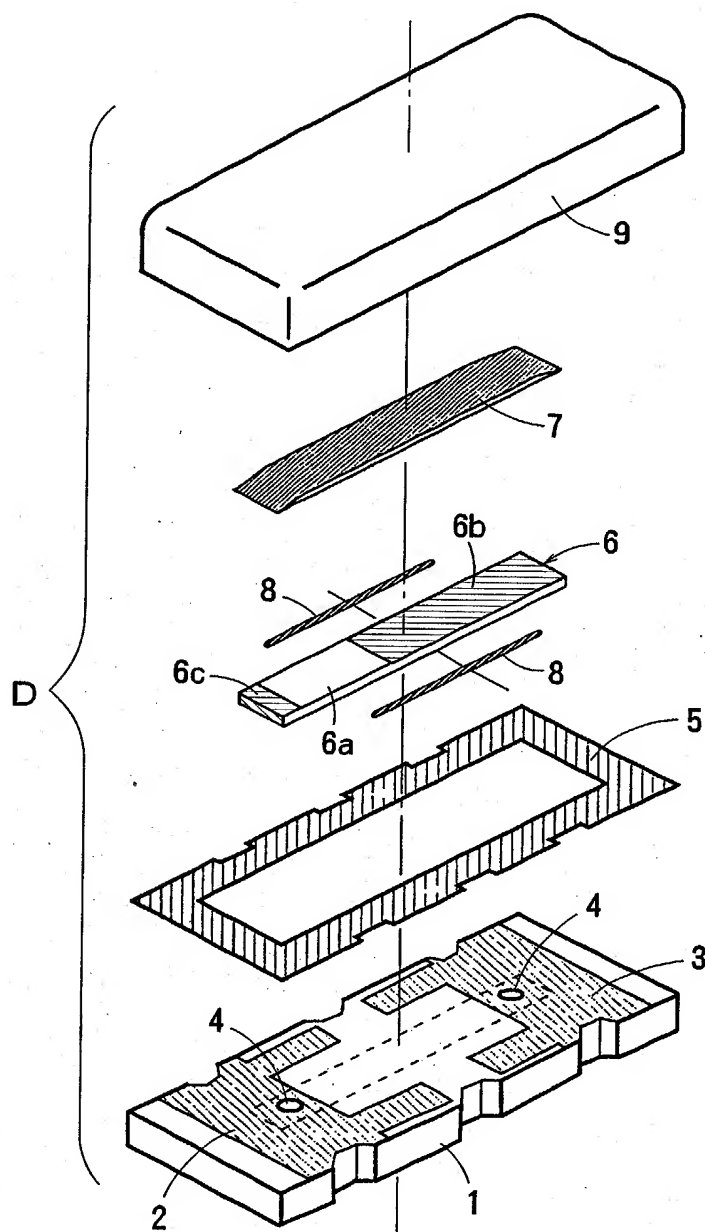
【図 1】



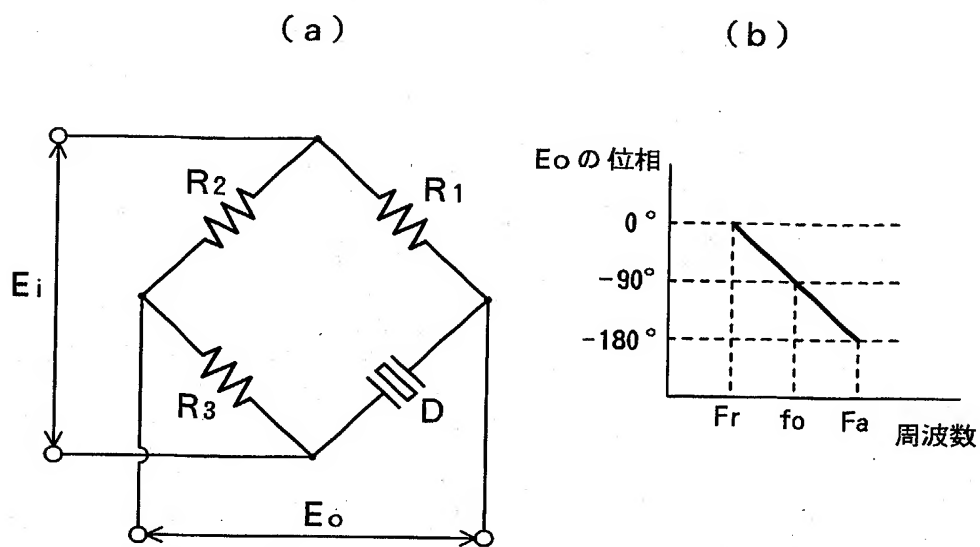
【図 2】



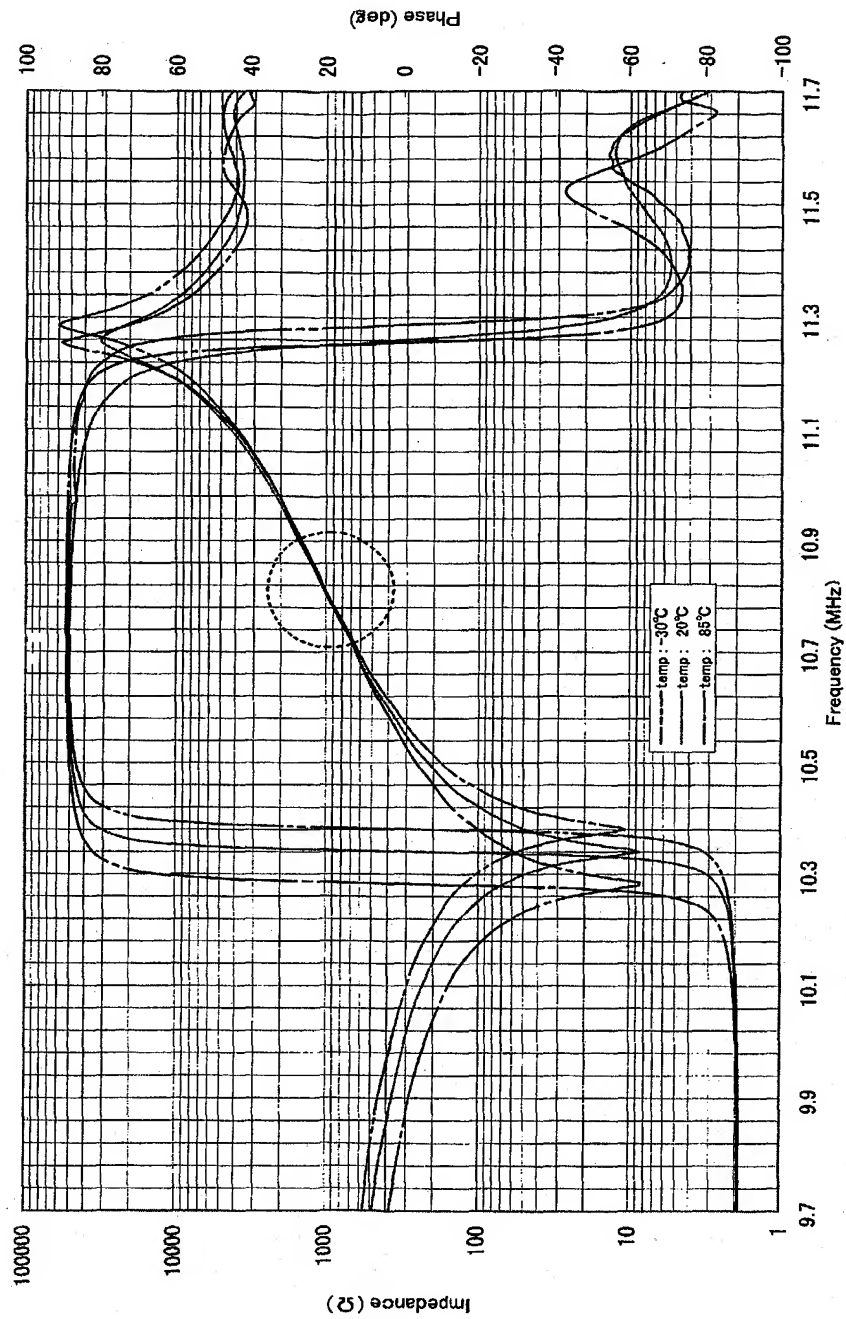
【図 3】



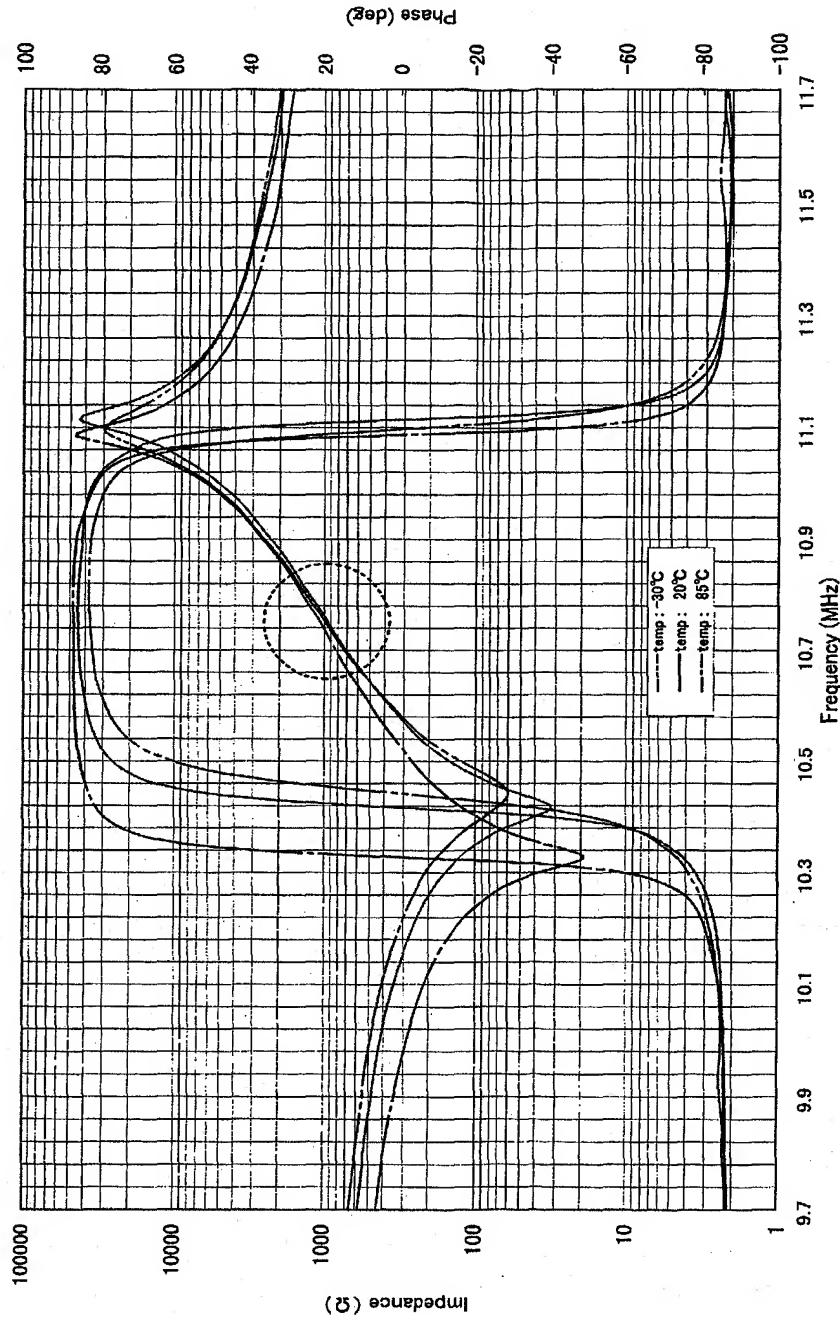
【図4】



【図 5】

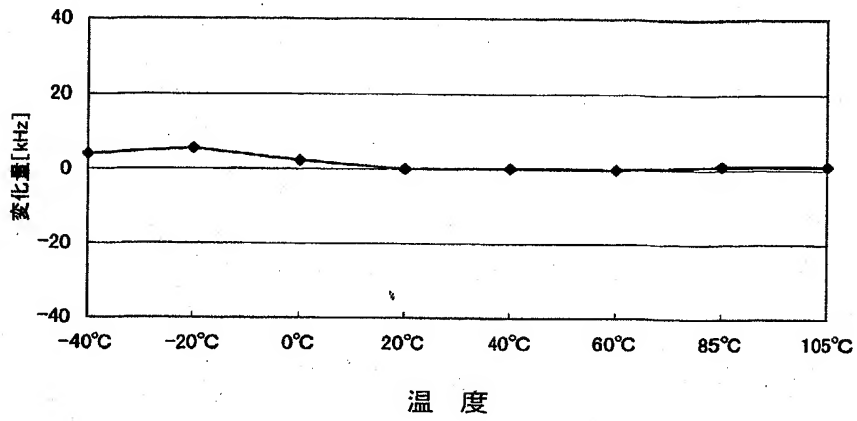


【図6】

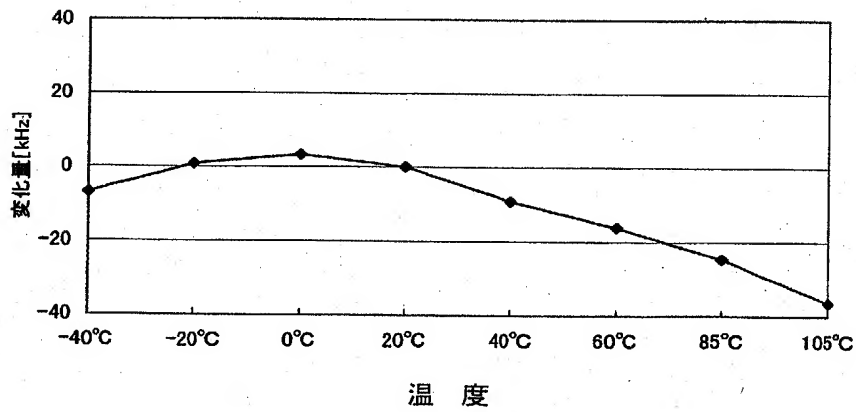


【図 7】

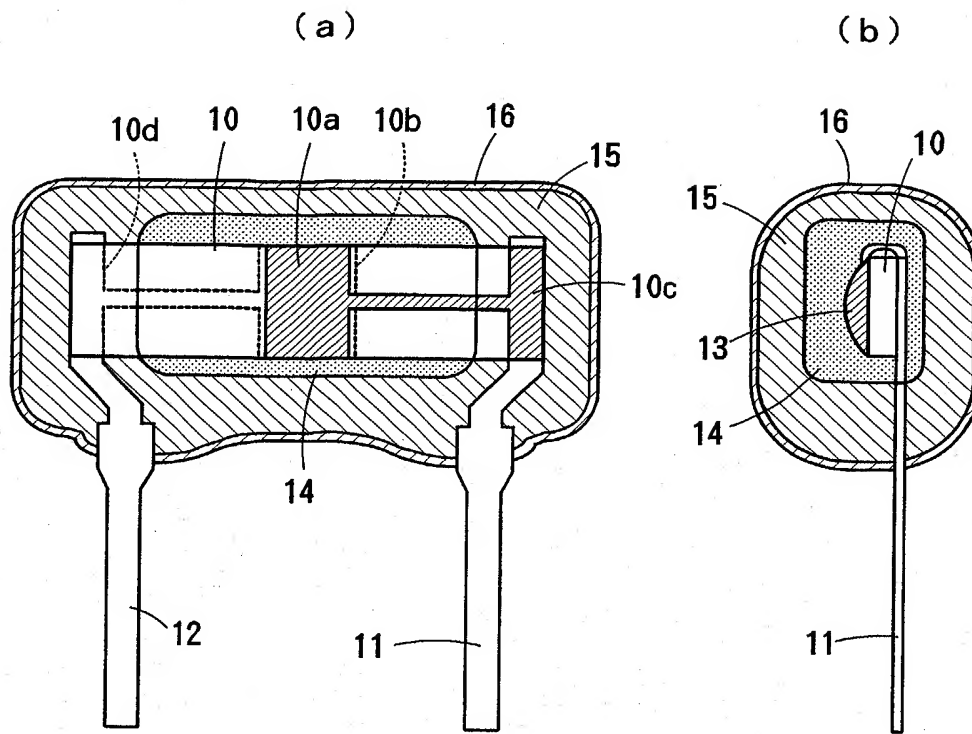
(a) 本発明品の f_{oTC}



(b) 従来品の f_{oTC}



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 圧電材料の種々の温度特性を最適化することで、完成品の温度特性を安定なものとし、動作保証温度範囲を広げることができる圧電共振子を提供する。

【解決手段】 圧電材料の容量の温度特性 ε_{TC} 、比帯域幅 $\Delta f / f_o$ 、共振周波数の温度特性 F_{rTC} 、反共振周波数の温度特性 F_{aTC} 、および中心周波数の温度特性の目標値 α の間に、次式が成立することを特徴とする圧電共振子である。

$$| (F_{rTC} + F_{aTC}) / 2 + K \times \varepsilon_{TC} \times (\Delta f / f_o) | \leq \alpha \cdots (1)$$

ただし、 $K = F_r$ と F_a の中点におけるインピーダンスにより決まる係数

$\varepsilon_{TC} = A \times (\text{測定温度範囲内における容量変化幅}) / (\text{基準温度時の容量} \times \text{測定温度範囲})$

$\Delta f / f_o = (\text{基準温度時の } F_a - \text{基準温度時の } F_r) / (\text{基準温度時の } f_o)$

$F_{rTC} = A \times (\text{測定温度範囲内における } F_r \text{ 変化幅}) / (\text{基準温度時の } F_r \times \text{測定温度範囲})$

$F_{aTC} = A \times (\text{測定温度範囲内における } F_a \text{ 変化幅}) / (\text{基準温度時の } F_a \times \text{測定温度範囲})$

$A = \text{温度特性が正傾向のとき} + 1$ 、 $\text{負傾向のとき} - 1$ となる係数

【選択図】 図 2

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2001-089064
受付番号	50100432792
書類名	特許願
担当官	第七担当上席 0096
作成日	平成13年 3月28日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成13年 3月27日
-------	-------------

【書類名】 手続補正書

【整理番号】 10482

【提出日】 平成13年12月20日

【あて先】 特許庁長官殿

【事件の表示】

【出願番号】 特願2001- 89064

【補正をする者】

【識別番号】 000006231

【氏名又は名称】 株式会社村田製作所

【代理人】

【識別番号】 100085497

【弁理士】

【氏名又は名称】 筒井 秀隆

【手続補正 1】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 1 3

【補正方法】 変更

【補正の内容】 1

【プルーフの要否】 要

【0013】

表2は、表1における温度特性および比帯域幅を用いて、A～Eの各試料について、容量の温度特性 ε_{TC} と比帯域幅との積、および中心周波数の温度特性 f_{oTC} と共振周波数の温度特性 F_{rTC} および反共振周波数の温度特性 F_{aTC} の平均値との差を求めたものである。

【表2】

	A	B	C	D	E
$\varepsilon_{TC} \times \Delta f / f_o$	318.42	235.807	130.56	221.34	223.21
$f_{oTC} - (F_{rTC} + F_{aTC}) / 2$	70.5	52.95	32.5	49.5	50

出願人履歴情報

識別番号 [000006231]

1. 変更年月日 1990年 8月28日

[変更理由] 新規登録

住所 京都府長岡京市天神二丁目26番10号
氏名 株式会社村田製作所